

УДК [574.64: (595.384.16+594)] (285) (477–25)

Ю. М. СИТНИК<sup>1</sup>, О. М. АРСАН<sup>1</sup>, Г. Є. КИРИЧУК<sup>2</sup>, А. В. ЛЯШЕНКО<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Інститут гідробіології НАН України,  
пр-т Героїв Сталінграду, 12, Київ – 210, 04210, Україна

<sup>2</sup>Житомирський державний університет імені Івана Франка,  
вул. Велика Бердичівська, 40, Україна, Житомир 10008, Україна

## **ВМІСТ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ОРГАНАХ ТА ТКАНИНАХ МОЛЮСКІВ ДЕЯКИХ ВОДОЙМ МІСЬКОЇ ЗОНИ КИЄВА**

Викладено результати дослідження вмісту іонів важких металів у органах та тканинах *Lymnaea stagnalis*, *Dreissena polymorpha* та *Anodonta cygnea* із різних водойм міської зони Києва. Розраховано коефіцієнти накопичення іонів досліджених металів. Показано значне забруднення цими поллютантами водойм урбанізованої території, що адекватно відбилося на рівнях їх вмісту в органах та тканинах досліджуваних безхребетних.

*Ключові слова:* *Lymnaea stagnalis*, *Dreissena polymorpha*, *Anodonta cygnea*, кумуляція, іони важких металів, водойми міської зони Києва.

Екологічна ситуація в Україні характеризується високим ступенем техногенного забруднення навколишнього середовища, в тому числі водойм та водотоків. Підприємства та автотранспорт міста щорічно викидають в атмосферу та водні об'єкти Києва значну кількість шкідливих речовин. Серед неорганічних сполук особливе місце у забрудненні довкілля займають іони важких металів, що добре накопичуються ґрунтами, донними відкладами, розчиняються у ґрунтових та континентальних водах і майже не піддаються деструкції [1-3, 14-15, 19, 21]. Сьогодні досить актуальними стають дослідження урбанізованих екосистем з сильно зміненими компонентами ландшафту, що дозволить прогнозувати деструктивні зміни гідроценотів.

Особливістю важких металів є те, що вони не розпадаються і не деградують із часом, як хімічні забруднювачі органічної природи, не зникають, а лише змінюють форму існування, перерозподіляються та поступово накопичуються в різних абіотичних та біотичних компонентах водної екосистеми, в тому числі і в прісноводних молюсках. Дослідження, як частина комплексного гідроекологічного вивчення водойм міської зони Києва, проводили у 2001 – 2005 р.р. [8-10, 12, 19-21, 23]. За повідомленнями наших колег [8, 9, 12], у озерах, річках та ставках Києва налічується не менше 15 видів молюсків. Однак результати наукових досліджень щодо вмісту важких металів у організмі, органах та тканинах молюсків водойм міської зони Києва у доступній фаховій літературі відсутні.

### **Матеріал і методи дослідження**

Для визначення рівня накопичення іонів важких металів в організмі ставковика звичайного *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758), дрейсени річкової (*Dreissena polymorpha* Pallas, 1771), беззубки лебединої (*Anodonta cygnea* Linnaeus, 1758), зібраних вручну у 2001 р. у водоймах міської зони Києва – оз. Берізка (або Лісове, руслове озеро на р. Дарниця, Броварське шосе), оз. Голубе (Виноградар), оз. Опечень-нижнє (Оболонь), оз. Вирлиця (Харківський масив) та у 2003 р. на ставках № 3, № 4 та № 6 на р. Сирець (Нивки). Для зменшення впливу сезонних коливань хімічного складу проб відбір молюсків, води та донних відкладів проводили в стислі строки. В кожній точці відбирали по 1 дм<sup>3</sup> води в трьох повторностях. Проби води фільтрували на місці через целюлозно-ацетатний мембранний фільтр (діаметр пор 0,45 мкм), підкислювали (1 см<sup>3</sup> концентрованої нітратної кислоти марки «х.ч.»). Протягом доби проби доставляли в лабораторію. Визначення вмісту іонів важких металів у воді проводили після попереднього упарювання згідно стандартних методик [17]. Для визначення вмісту важких металів у донних відкладах використовували екстракцію 1М HNO<sub>3</sub> протягом доби на шутері відповідно стандартній методиці.

Тварин, доставлених в лабораторію, очищали від донних відкладів і обростань та витримували протягом чотирьох годин в акваріумах, заповнених відстоюною (1 доба) водопровідною водою (для очищення кишківника). Кожний екземпляр зважували на електронних терезах типу WPS 1200/С з точністю до 0,01 г. Для визначення рівня важких металів використовували у *L. stagnalis* та

*D. polymorpha* черепашку та м'які тканини в цілому, а у *A. sugnea* – черепашку, гепатопанкреас, м'язи та мантию. Матеріал для визначення важких металів готували за методикою К'ельдаля. Орган або тканину вилучали повністю та фіксували 96%-вим етиловим спиртом та через 6-12 год упарювали при температурі 105°C [16]. Потім зразки спалювали в азотній кислоті (марки ОСЧ) протягом 12-24 год до повного знебарвлення суміші. Визначення вмісту кадмію, плумбуму, купруму та цинку у органах та тканинах молюсків проводили на атомно-абсорбційному спектрофотометрі ААС – 3 фірми «Карл Цейс» (Німеччина) в Інституті гідробіології НАН України. Концентрацію металів виражали в мг/кг сирової маси тварин при природній вологості. Статистичну обробку матеріалу зроблено за загальноприйнятими методиками.

### Результати досліджень та їх обговорення

Колообіг речовин в гідроценозах здійснюється завдяки їх переходу з однієї форми в іншу в системі біота–абіотичні компоненти водойм (вода, донні відклади, прибережні ґрунти), тому вміст іонів металів в їх складі є як показником їх забруднення, так і трансформації у водних екосистемах [13]. За цими показниками оцінюють реальний екологічний стан біоценозів, адже вода є первинною ланкою потрапляння забруднювачів у водні екосистеми, а донні відклади і прибережні ґрунти їх депонують, забезпечуючи, тим самим, і детоксикацію, і пролонгацію забруднення природних вод, при певних умовах виступаючи джерелом вторинного забруднення води [11, 15, 18]. Обмін речовин між водою й донними відкладами водних об'єктів відбувається внаслідок їх дифузії з мулових розчинів у придонний шар води, рушійною силою якої є градієнт концентрацій [6, 7].

Згідно з отриманими результатами (рис. 1), вміст досліджуваних іонів металів у донних відкладах та піску досліджених водойм завжди перевищував відповідні величини у воді (рис. 1). За градієнтом концентрацій іонів важкі метали можна розмістити в наступний ряд:  $Cd < Pb < Ni < Cu < Zn$ .

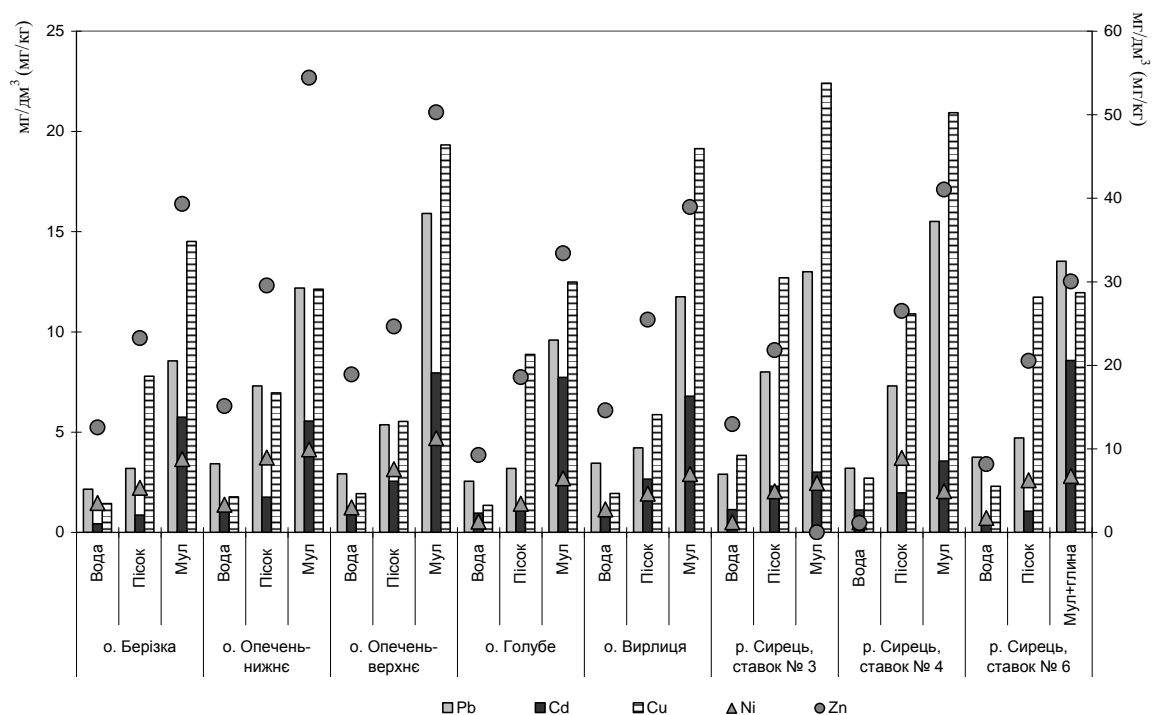


Рис.1. Вміст іонів важких металів у воді, піску та донних відкладах досліджених водойм міської зони Києва

Молюски, котрі є звичайними компонентами гідробіоценозів, досить часто використовуються як види-біоіндикатори, що зумовлено їх масовим розповсюдженням, резистентністю до токсичних речовин та входженням до ланцюгів живлення в екосистемах. Визначення вмісту іонів важких металів, а саме: Cd, Cu, Pb, Zn, дало можливість проаналізувати роль молюсків у їх накопиченні. Порівняльний аналіз власних результатів досліджень по вмісту йонів купруму в черепашці та м'яких тканинах *A. sugnea*, зібраних у водотоках Києва (рис. 2 г), та результатів встановлених для особин з р. Нижній Дон та з озер Італії іншими авторами [4, 24] показав, що значення дослідженого іону не перевищували такі ж показники характерні для беззубки лебединої з водойм інших регіонів. Як видно

з рис. 2, у всіх досліджених нами зразках тканин та органів молюсків домінуючим іоном є Zn. Зазначимо, що іон кадмію в найменшому ступені акумулюється організмом прісноводних молюсків. Його концентрації змінюються в межах від 0,21–5,60 мг/кг, що в 1,76–1,80 рази менше, ніж концентрація купруму, та в 4,29–6,98 рази менше, ніж така цинку. Щодо іонів плумбуму, то його вміст для досліджених водойм не однотиповий, що і позначилось на кумулятивних процесах в організмі молюсків. Для плумбуму відмічено широкий діапазон зміни концентрацій (від 0,30 до 2,14 мг/кг) у організмі досліджених тварин.

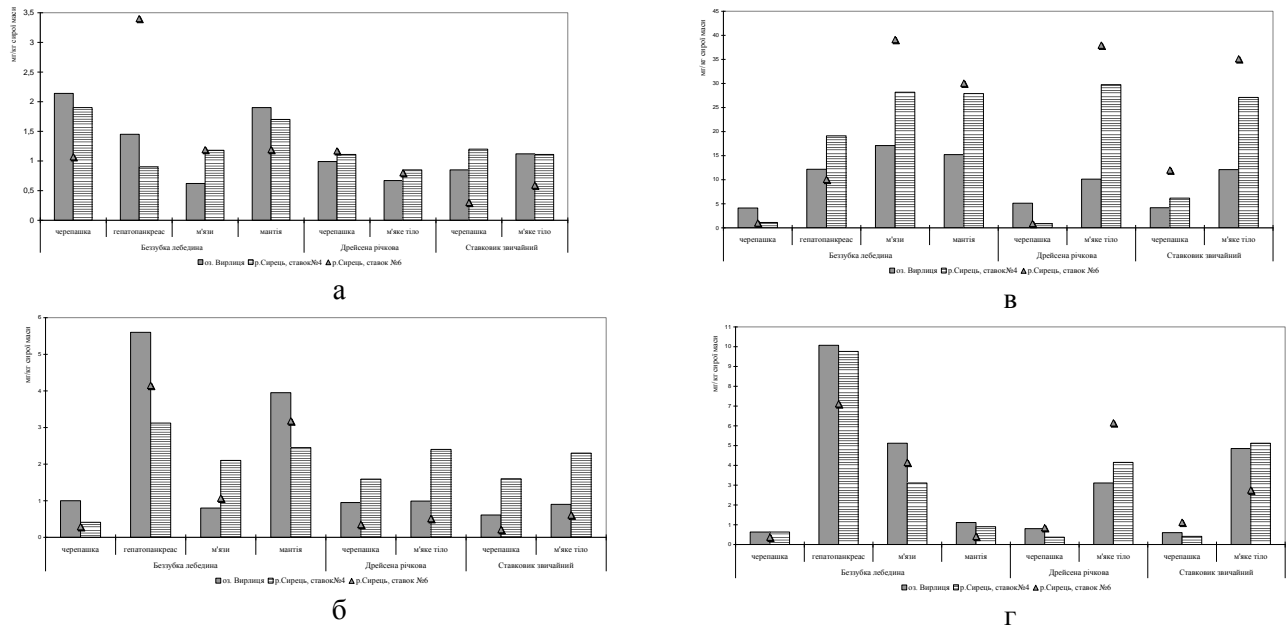


Рис 2. Вміст іонів важких металів в організмі прісноводних молюсків (а – плумбум, б – кадмій, в – цинк, г – купрум)

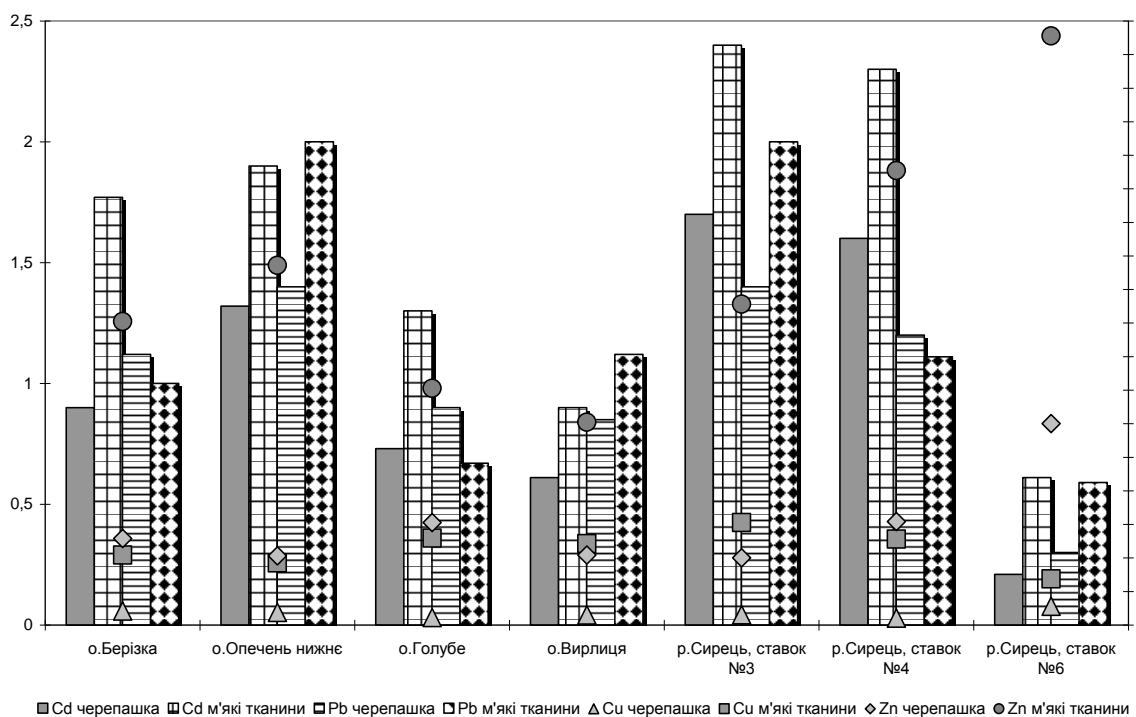


Рис. 3. Вміст йонів важких металів (мг/кг сирової маси) в організмі ставковика звичайного

Порівняльний аналіз концентрацій іонів важких металів у воді та тканинах і органах прісноводних молюсків дозволив розрахувати коефіцієнти накопичення для цих гідробіонтів (таблиця). Встановлено,

що характер депонування у досліджених ставковиків з різних водотоків Києва неоднотиповий. Цинк характеризується максимальними показниками в м'яких тканинах та черепашках у особин зібраних в ставку № 6 (р. Сирець). Кадмій, купрум та плумбум найбільше акумулюються в м'яких тканинах особин з ставка № 3 (р. Сирець). Щодо черепашки, то за вмістом іону купруму перше місце займають особини із ставка № 6 (р. Сирець), іону кадмію – із ставка № 3 (р. Сирець), а іону плумбуму – із оз. Опечень-нижнє (рис. 3). Проведеними дослідженнями встановлено, що найбільше кадмію сконцентровано у черепашці ставковика звичайного із оз. Опечень-нижнє, а найменший його вміст виявлено у черепашці *L. stagnalis* із оз. Вирлиця. Домінування іонів цинку серед інших мікроелементів у всіх досліджених молюсків, ймовірно, пов'язане із його роллю в активації карбоангідрази і цитохромоксидази, котрі визначають направленість та швидкість реакцій вуглеводного обміну.

Таблиця

Значення коефіцієнтів накопичення іонів важких металів в організмі молюсків

Вид молюска	Тканина чи орган	оз. Вирлиця	р. Сирець, ставок № 4	р. Сирець, ставок № 6
Cd				
Беззубка лебедина	черепашка	1,075269	0,369369	0,460317
	гепатопанкреас	6,021505	2,810811	6,587302
	м'язи	0,860215	1,891892	1,698413
	мантія	4,247312	2,207207	5,047619
Дрейсена річкова	черепашка	1,021505	1,432432	0,555556
	м'яке тіло	1,064516	2,162162	0,809524
Ставковик звичайний	черепашка	0,655914	1,441441	0,333333
	м'яке тіло	0,967742	2,072072	0,968254
Cu				
Беззубка лебедина	черепашка	0,324742	0,233333	0,16087
	гепатопанкреас	5,190722	3,614815	3,091304
	м'язи	2,639175	1,151852	1,804348
	мантія	0,572165	0,333333	0,178261
Дрейсена річкова	черепашка	0,412371	0,137037	0,369565
	м'яке тіло	1,603093	1,537037	2,673913
Ставковик звичайний	черепашка	0,309278	0,151852	0,486957
	м'яке тіло	2,5	1,896296	1,195652
Pb				
Беззубка лебедина	черепашка	0,62029	0,59375	0,285333
	гепатопанкреас	0,42029	0,28125	0,906667
	м'язи	0,17971	0,36875	0,317333
	мантія	0,550725	0,53125	0,317333
Дрейсена річкова	черепашка	0,286957	0,346875	0,312
	м'яке тіло	0,194203	0,265625	0,213333
Ставковик звичайний	черепашка	0,246377	0,375	0,08
	м'яке тіло	0,324638	0,346875	0,157333
Zn				
Беззубка лебедина	черепашка	0,2817	1,00000	0,122699
	гепатопанкреас	0,834133	17,20721	1,233129
	м'язи	1,172036	25,37838	4,798773
	мантія	1,042495	25,12613	3,687117
Дрейсена річкова	черепашка	0,35024	0,765766	0,110429
	м'яке тіло	0,693626	26,8018	4,656442
Ставковик звичайний	черепашка	0,285812	5,558559	1,472393
	м'яке тіло	0,82865	24,40541	4,307975

Слід зазначити, що результати наших досліджень засвідчують досить значне поліметалічне навантаження досліджених гідроекосистем міської зони Києва. Зрозуміло, що рівні забруднення

середовища іонами важких металів адекватно відобразилися і на їх вмісті у організмі молюсків з досліджуваних водойм. Загалом, використовуючи рівні накопичення цих речовин у органах та тканинах досліджених видів молюсків водойм міської зони Києва як біоіндикаторів забруднення довкілля, можна стверджувати, що озерні екосистеми менш забруднені, ніж річкові, а в нашому випадку – ставкові. Це є реальним відображенням антропогенного пресу на довкілля у такому мегаполісі як Київ.

1. *Арсан О. М.* Еколого – токсикологічні дослідження внутрішніх водойм Києва // [О. М. Арсан, Ю. М. Ситник, Т. М. Шаповал, І. Г. Кукля та ін.] // Наукові записки Тернопільського педуніверситету ім. Володимира Гнатюка. Серія Біологія. Спеціальний випуск: ГІДРОЕКОЛОГІЯ. – 2001. – 3 (14). – С. 176 – 177.
2. *Арсан О. М.* Еколого-токсикологічна характеристика водойм та водотоків міської зони Києва // [О. М. Арсан, П. Д. Клоченко, Ю. М. Ситник, Т. М. Шаповал та ін.] // Наукові записки Тернопільського педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. – № 3 (26). Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2005. – С. 16 – 18.
3. *Арсан О. М.* Еколого-токсикологічний стан водотоків м. Києва // [О. М. Арсан, Ю. М. Ситник, П. Д. Клоченко, Т. М. Шаповал та ін.] // Чистота довкілля в нашому місті. Друга міжнародна конференція. Праці та повідомлення. 25 – 28 травня 2004 р., м. Трускавець – Київ: ВАТ “УкрНДІСВД”, 2004. – С. 92 – 93.
4. *Бессонов О. А.* Биогеохимический цикл тяжелых металлов в экосистеме Нижнего Дона. / О. А. Бессонов, С. Л. Белова, Д. И. Водолазкин – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1991. – 112 с.
5. *Брагинский Л. П.* Пресноводный планктон в токсической среде / Л. П. Брагинский, И. М. Величко, Э. П. Щербань – Киев: Наукова думка, 1987. – 180 с.
6. *Горев Л. М.* Основы моделирования в гидроэкологии / Л. М. Горев – К.: Либідь, 1996. – 336 с.
7. *Драйвер Дж.* Геохимия природных вод: [пер. с англ.] / Дж. Драйвер – М.: Мир, 1985. – 440 с.
8. *Дубровський Ю. В.* Оцінка екологічного стану рекреаційних озер Києва за розвитком гідрофауни / [Ю. В. Дубровський, Л. В. Гулейкова, Ю. В. Плігін, Т. М. Короткевич та ін.] / Екологічний стан водойм м. Києва. – Київ, 2005. – С. 110 – 143.
9. Накопичення радіонуклідів молюсками замкнених водойм Києва / [В. Г. Кленус, О. Є. Каглян, В. В. Беляєв, Ю. М. Ситник] / Еколого-функціональні та фауністичні аспекти дослідження молюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища. Збірник наукових праць. – Житомир: Видавництво „Волинь”, 2004. – С. 76 – 78.
10. *Кундієв В. А.* Іхтіофауна внутрішніх водойм м. Києва / [В. А. Кундієв, В. О. Ткаченко, М. І. Чеченок, Ю. М. Ситник та ін.] / Екологічний стан водойм м. Києва. – Київ, 2005. – С. 182 – 203.
11. *Линник П. Н.* Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П. Н. Линник, Б. И. Набиванец. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 268 с.
12. Макрозообентос та літофільна фауна деяких озер м. Києва / [А. В. Ляшенко, В. В. Маковський, К. Є. Зоріна-Сахарова, Н. М. Лещенко] / Екологічний стан водойм м. Києва. – Київ, 2005. – С. 144 – 181.
13. *Мажайский Ю. А.* Мониторинг тяжелых металлов в экосистемах малых рек бассейна реки Оки / Ю. А. Мажайский, Т. М. Гусева, О. Е. Дорохина, С. В. Андриянец // Мещерский филиал Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (МФ ВНИИГиМ), г. Рязань, Россия. Режим доступа: <http://gisau.org.ua>.
14. *Морозов Н. П.* Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана. На примере микроэлементов группы металлов / Н. П. Морозов, С. А. Петухов – Москва: Агропромиздат, 1986. – 160 с.
15. *Мур Дж.* Тяжёлые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния / Дж. В. Мур, С. Рамаурти. – М.: Мир, 1987. – С. 117–133.
16. *Никаноров А. Н.* Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах / А. Н. Никаноров, А. В. Жулидов – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 291 с.
17. *Никаноров А. М.* Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах / А. М. Никаноров, А. В. Жулидов, А. Д. Покаржевский – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 144 с.

18. Романенко В. Д. Основи гідроекології: Підручник / В. Д. Романенко. – Київ: Обереги, 2001. – 728 с.
19. Ситник Ю. М. Гідрохімічний режим деяких водойм міської зони Києва взимку та навесні 2002 року / [Ю. М. Ситник, К. О. Івашкевич, Є. С. Князева, С. О. Лапшова] / Екологічний стан водойм м. Києва. – Київ, 2005. – С. 13 – 29.
20. Еколого-токсикологічний стан деяких водойм гідроекосистеми річки Сирець / [Ю. М. Ситник, Т. М. Шаповал, І. Г. Кукля, Н. В. Брень та ін.] / Екологічний стан водойм м. Києва. – Київ, 2005. – С. 30 – 48.
21. Чепець М. С. Екологія водойм Києва // М. С. Щепець, М. І. Кузьменко, В. М. Якушин // Вісник аграрної науки. – 1992. – № 7. – С. 45 – 46.
22. Чепець М. С. Гідроекологічні проблеми водойм міської зони Києва / [М. С. Щепець, О. М. Арсан, В. А. Кундієв, Ю. М. Ситник] / Екологічний стан водойм м. Києва. – Київ, 2005. – С. 6 – 12.
23. Щербак В. І. Структурно-функціональна організація фітопланктону водойм м. Києва / В. І. Щербак / Екологічний стан водойм м. Києва. – Київ, 2005. – С. 97 – 109.
24. Ravera O. Trace element concentration in freshwater mussels and macrophytes as related to those in their environment // O. Ravera, R. Cenci, G. M. Beone // J. Limnol. – 2003. – V. 62, N 1. – P. 61–70.

Ю. М. Ситник<sup>1</sup>, О. М. Арсан<sup>1</sup>, Г. Є. Киричук<sup>2</sup>, А. В. Ляшенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Інститут гідробіології НАН України

<sup>2</sup> Житомирський державний університет імені Івана Франка

#### СОДЕРЖАНИЕ ИОНОВ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ МОЛЛЮСКОВ РАЗЛИЧНЫХ ВОДОЕМОВ ГОРОДСКОЙ ЗОНЫ КИЕВА

Изложены результаты исследования содержания ионов тяжелых металлов в органах и тканях *Lymnaea stagnalis*, *Dreissena polymorpha* и *Anodonta cygnea* из различных водоемов городской зоны Киева. Рассчитано коэффициент накопления ионов исследованных металлов. Показано значительное загрязнение этими поллютантами водоёмов урбанизированной территории, которое адекватно отразилось на уровнях их содержания в органах и тканях исследованных видов беспозвоночных.

**Ключёвые слова:** *Lymnaea stagnalis*, *Dreissena polymorpha*, *Anodonta cygnea*, кумуляция, ионы тяжелых металлов, водоёмы городской зоны Киева.

Sytnik Yu. M.<sup>1</sup>, Arsan O. V.<sup>1</sup>, Kyrychuk G. Ye.<sup>2</sup>, Lyashenko A. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Hidrobiology of NAS of Ukraine

<sup>2</sup> Ivan Franko State University of Zhitomir

#### THE CONTENT OF HEAVY METALS IONS IN ORGANS AND TISSUES OF MOLLUSKS FROM SOME KYIV CITY WATER RESERVOIRS

The article presents the investigations results on the content of heavy metals ions in organs and tissues of *Lymnaea stagnalis*, *Dreissena polymorpha* and *Anodonta cygnea* from different Kyiv city water reservoirs in 2001 and 2003. Significant water reservoirs territories had adequate effect on their contents in organs and tissues of researched invertebrate species.

**Key words:** *Lymnaea stagnalis*, *Dreissena polymorpha*, *Anodonta cygnea*, accumulation, heavy metals ions, Kyiv city water reservoirs.